

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 04-288509

(43)Date of publication of application : 13.10.1992

(51)Int. Cl. G02B 6/32  
G02B 6/10  
G02B 27/30

(21)Application number : 02-416547

(71)Applicant : NAMIKI PRECISION JEWEL CO LTD

(22)Date of filing : 28.12.1990

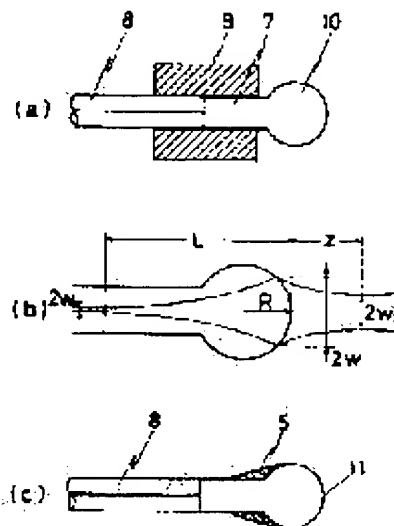
(72)Inventor : TADENUMA MASATO  
KONNO YOSHIHIRO  
KUME HIROSHI

## (54) OPTICAL FIBER TERMINAL WITH MICROLENS AND ITS MANUFACTURE

## (57)Abstract:

PURPOSE: To omit optical axis adjustment and realize high coupling efficiency with small reflection loss by fusing a fiber lens directly to an optical fiber at its terminal and improving the sphericity of the lens.

CONSTITUTION: An optical fiber 1 which has a spherical single-refractive-index lens 10 having length and a radius required for beam diffusion by Gaussian diffusion and also has the same external diameter is united by fusion with the tip of the optical fiber 8. The spherical part is formed by a thermal fusing method and the tip part of the optical fiber is put in the thermally fused part to form the spherical lens which has a target diameter at the tip of the optical fiber.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平4-288509

(43) 公開日 平成4年(1992)10月13日

(51) Int.Cl. <sup>5</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 2 B 6/32		7132-2K		
6/10	D	7036-2K		
27/30		9120-2K		

審査請求 未請求 請求項の数6 (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願平2-416547

(22) 出願日 平成2年(1990)12月28日

(71) 出願人 000240477

並木精密宝石株式会社

東京都足立区新田3丁目8番22号

(72) 発明者 夢沼 正人

東京都足立区新田3丁目8番22号

(72) 発明者 今野 良博

東京都足立区新田3丁目8番22号

(72) 発明者 久米 浩

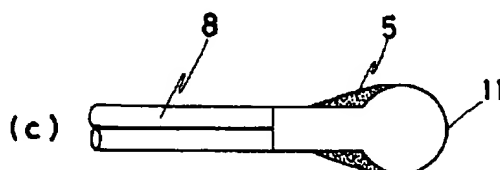
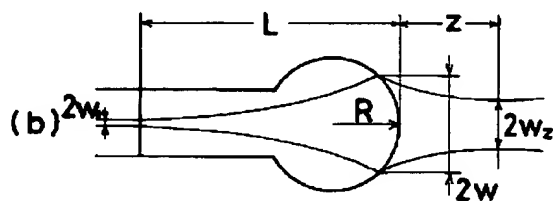
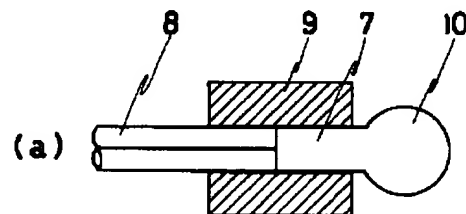
東京都足立区新田3丁目8番22号

(54) 【発明の名称】 微小レンズ付光ファイバ端末とその製造方法

(57) 【要約】

【目的】 光ファイバ端末において、ファイバレンズを光ファイバに直接融着し、レンズの真球度を向上することにより、光軸調整を省略し、反射損失が少なく高い結合効率を実現する。

【構成】 光ファイバ8先端に、単一屈折率からなりガウス拡散によるビーム拡大に必要な長さ半径を有する球状のレンズ10をもつ同一外径の光ファイバ7を融着により一体化する。その球状部を熱溶解法により形成し、光ファイバ先端部を熱溶解部中に送り入れることにより光ファイバ先端に目的の半径をもつ球状レンズを形成する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 第一の光ファイバと、この光ファイバのコア部と等価な屈折率をもつ同一外径の第二の光ファイバが接合され、第二の光ファイバの先端を球状に形成することにより、光ビームの放射角度を制御することを特徴とした微小レンズ付光ファイバ端末。

【請求項2】 第二の光ファイバにおいて、光ビームが光ファイバ外周に接触しない範囲内に光ファイバの長さを設定した請求項1の微小レンズ付光ファイバ端末。

【請求項3】 第二の光ファイバ先端の球状部に反射防止膜を形成した請求項1の微小レンズ付光ファイバ端末。

【請求項4】 第一及び第二の光ファイバの外周部に光吸収剤、またはこれらと等価あるいはそれ以上の屈折率をもつ屈折率整合剤を被覆した請求項1の微小レンズ付光ファイバ端末。

【請求項5】 第二の光ファイバ先端の球状部を熱溶解法により形成した請求項1の微小レンズの製造方法。

【請求項6】 第二の光ファイバ先端部を、熱溶解部中に送り入れることにより、その先端に目的の半径をもつ球状レンズを形成した請求項5の微小レンズの製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、光スイッチ、光合分波器、光アイソレータ等各種光学部品用の微小レンズ付光ファイバ端末の構造とその製造方法に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】光通信の発達に伴って利用されている光デバイス、光学部品の小型化が望まれる。特に光アイソレータ、光サーキュレータ、光合分波器等においては、光ファイバと結合した状態で小型化や構造の簡素化が要求されている。また、近年光通信の高速システムに狭いスペクトル幅を持つ分布帰還型レーザを用いているが、後方反射に対して敏感であるため、光ファイバの終端が高反射減衰量を有することも要求されるようになってきた。

【0003】一般に、光ファイバを伴うビッグテール化された光アイソレータ等では図2に示すように光ファイバ1から出射された光は球レンズ2あるいは屈折率分布型レンズ3で平行光として光学デバイス4へ入射させ、出射させた光を再び同様にして光ファイバ1へ集光することにより結合している。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】これまでのコリメート系は、光ファイバとレンズの光軸位置調整が問題であり、組立装置等に費用がかかり、光ファイバコリメート製品として高価になっていた。また従来方式の場合、図3に示すように有機物質による屈折率整合剤5を用いて

反射防止を行っている。従って耐候的、耐熱的な課題がある。また図3における光の入射面6では反射防止膜を形成するために、光ファイバコードが付属した状態で実施されることから、通常の蒸着のように約300℃程度に加熱されるハードコートが光ファイバ被覆部の耐熱性やガス発生のため用いられず、イオンアシスト等を用いたコートが採用され、均一性および低価格を妨げる要因になっていた。

【0005】さらに光デバイスの小型化の面から十分に光束の細い（例えば200 $\mu\text{m}$ 以下）ファイバコリメータ光が必要とされているが、従来の光ファイバコリメータでは細くとも300 $\mu\text{m}$ までしか得られなかった。また、従来のファイバコリメータの構造では反射減衰量が-27dB程度しか得られなかったが、ファイバ先端に角度を付けてレンズ系とカップリングしたり、カップリング構造自体複雑にしなければならなかった。

【0006】近年微小コリメータ光を形成する試みがなされている。Journal of Lightwave Technology Vol. LT-5 No. 9 (1987)には、William L. Enkey等によりシングルモードファイバ（以下SMFという）にマルチモード屈折率分布ファイバ（以下MMGI Fという）を融着し、約40 $\mu\text{m}$ までの微小コリメータ光の結合を提案している。ここでは約3mmまでの距離を0.1~1.6dBの結合損失でカップリングを行っている。しかしMMGI Fを用いる構造では、光束の拡大が約40 $\mu\text{m}$ 程度であり、3mm以上の距離では結合損失が大幅に劣化するためコリメート距離の自由度がなく、製造工程において屈折率分布ファイバ部の分布状態や波長ピッチの調整を個々に測定しながら行わなければならず、量産に不適合であり価格的にも高価となる欠点があった。

## 【0007】

【課題を解決するための手段】本発明は上記の欠点を解決する手段として中央部に導波構造をなす光ファイバ先端に、SiO<sub>2</sub>もしくはSiO<sub>2</sub>を主成分とした単一屈折率からなり、ガウス拡散によるビーム拡大に必要な長さや半径をもつ球状のレンズを形成した同一外径のファイバレンズを融着により一体化した構造である。

【0008】具体的には、第一の光ファイバと、この光ファイバのコア部と等価な屈折率をもつ同一外径の第二の光ファイバが接合され、第二の光ファイバの先端は球状に形成され、光ビームの放射角度を制御する機能が付与された微小レンズ付光ファイバ端末であり、第二の光ファイバにおいて、光ビームが外周に接触しない範囲内に長さを設定し、先端の球状レンズには使用波長帯域に適合する反射防止膜を形成し、第一及び第二の光ファイバの外周部に光吸収剤、これらと等価あるいはそれ以上の屈折率をもつ屈折率整合剤を被覆する。製造方法としては、第二の光ファイバ先端の球状部を熱溶解法により形成するもので、その先端部を熱溶解部中に送り入れることにより先端に目的の半径をもつ球状レンズを形成す

る。

【0009】

【実施例】本発明の光ファイバ端末先端部を図1(a)の実施例に示すように作成した。先端SiO<sub>2</sub>ファイバレンズ7、ビッグテールファイバ本線8、先端部保護用フェルール9、先端レンズ10から構成される。9は省略するこ\*

\*とも可能である。図1(b)は光の透過状態を示し、SMFの出射した光の収束点(ビームウエスト)間での距離をzとすると、波長λにおけるSiO<sub>2</sub>の屈折率をnとして、ファイバレンズ7中を伝播することによりガウシアンビームの広がり度合は数1で示される。

【数1】

$$\frac{w}{w_0} = \sqrt{1 + \left( \frac{\lambda}{\pi n w_0^2} \right)^2 L^2}$$

すなわちLを制御することにより光ファイバ径近傍もしくはそれ以上に拡大することができる。

10※=約1.1mm以下であるならばよい。図1(b)においてSMFからビームウエストへ経る光の光線行列は、SiO<sub>2</sub>ファイバの先端レンズの曲率をRとすると、数2の関係がある。

【0010】コア径10μm、外径125μm、コア屈折率約1.47のSMF本線と同じ外径125μmのSiO<sub>2</sub>ファイバを使用する。1.31μmの波長ではLの最大長は数1からLmax※

【数2】

$$\begin{pmatrix} A & B \\ C & D \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & z \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ \frac{1-n}{R} & n \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & L \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$$

さらにガウシアンビームの光線式から数3となりビームウエストまでの距離zが得られる。

★【数3】

$$z = \frac{\left( \frac{n-1}{R} \right) - a^2 L \left\{ n - \left( \frac{n-1}{R} \right) L \right\}}{\left( \frac{n-1}{R} \right) + a^2 \left\{ n - \left( \frac{n-1}{R} \right) L \right\}}$$

ただしa=λ/πnw<sub>0</sub><sup>2</sup>である。

☆式から、

【0011】数2、数3およびガウシアンビームの光線☆

【数4】

$$w_L^2 = \left( \frac{\lambda}{\pi w_0} \right)^2 \cdot \frac{1}{n} \cdot \left( \frac{a^2 c^2 + D^2}{AD - BC} \right)$$

となり、数1から拡大ビーム径が80μmになるように算出し、L=0.7mmを選定した。この場合前記従来の提案によるビーム径40μmの2倍の直径となる。SiO<sub>2</sub>ファイバの先端レンズの曲率Rはビームウエスト位置zや、ビ

ーム径2w<sub>L</sub>に大きく作用する。表1にその関係を示す。

【0012】

【表1】

R (μm)	z (mm)	2W <sub>2</sub> (μm)
45	0.116	4.8
75	0.230	9.6
105	0.395	16.5
135	0.652	27.5
165	1.08	47.2
195	1.77	88.1
265	2.60	92.0
340	4.50	118.0

【出射ビーム径 2w=90μm】

【0013】したがって曲率R=200μmでは、ビームウエスト位置約1.8mm、ビーム径88μmとなり、ビームウエストを対称中心とし、その対向位置に同一光学系を測定したところレンズ-レンズ間距離3.6mmで結合損失は0.5dBであった。反射減衰量は、図1(c)に示すような反射防止膜11と屈折率整合剤5を施して-45dBが達成できた。

\*

$$\pi r^2 h = \frac{4}{3} \pi R^3$$

\*【0014】先球製作は、図5に示すようにアーク放電熱溶解部13に石英ファイバ7を溶解部頭上から送り入れ曲率R=200μmを形成した。石英ファイバの送り長さhの体積(円柱)が先球の体積になるように、数5からhを求めた。

【数5】

$$[r = 125/2]$$

その結果、送り長さh=2.73mmで曲率R=200μmが得られた。

【0015】

【発明の効果】本発明により、ファイバレンズが光ファイバに直接融着できるので、接着方式とは異なり信頼性の高い光学部品となり、界面がないために反射損失が少なく高い結合効率を実現できる。そして従来のファイバ40 コリメータのように、レンズ系との高い公差で調整することなく、ビッグテール部も含む光ファイバ端末系として低価格で供給できる利点がある。

【0016】先球ファイバ製作時においては、熱溶解法により石英ファイバの送り長さの体積と球の体積を一致させる制御が容易であり、表面張力を利用して球を形成するため、同芯度が劣化しないで真球度の良いものができ、研磨法における、研磨キズや加工変質層等の問題がなく、時間の浪費が解消できる。また構造上高反射減衰50 量であるため、従来のファイバコリメータのように内部

構成の変更や光軸調整などの必要がない。これらのことにより特に光アイソレータ、光スイッチ、光合分波器等さらに曲率を調整することにより、光ファイバアレイ結合部として広範囲な用途に応用できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の光ファイバ端末を示す断面図。

【図2】光ファイバ光学系の概略図。

【図3】従来の光ファイバコリメータの断面図。

【図4】本発明によるアーク放電熱溶解を示す概略図。

【符号の説明】

- 1 光ファイバ
- 2 球レンズ
- 3 屈折率分布型レンズ
- 4 光学デバイス
- 5 屈折率整合剤
- 7 SiO<sub>2</sub>ファイバレンズ
- 8 ビッグテールファイバ本線

7

8

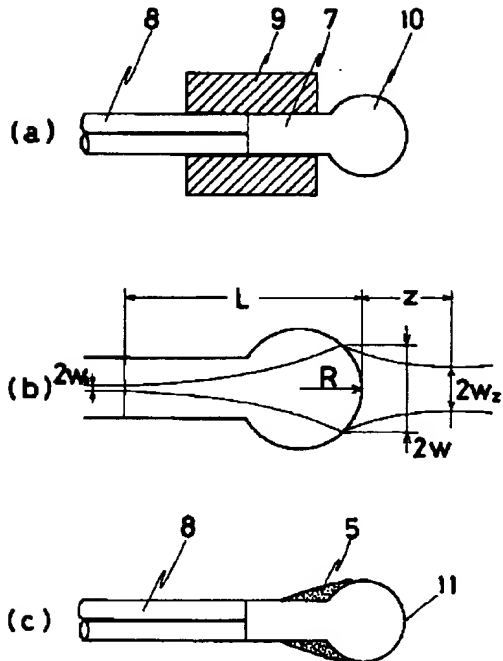
9 先端部保護用フェルール

10 先端レンズ

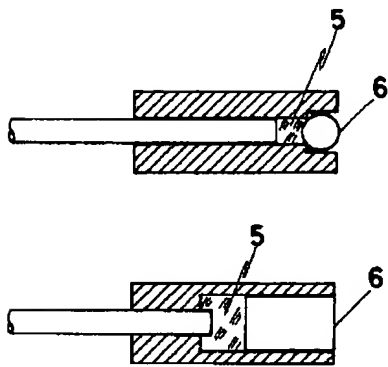
11 反射防止膜

12 アーク放電部

【図1】



【図3】



【図4】

